

## H15/B08 ヒューマノイドロボットの新展開(1節 共同プロジェクト研究の理念と概要, 第4章 共同プロジェクト研究)

|     |   |
|-----|---|
| 雑誌名 | 東北大学電気通信研究所研究活動報告   |
| 巻   | 12  |
| ページ | 198-199   |
| 発行年 | 2006-08   |
| URL | <a href="http://hdl.handle.net/10097/30629">http://hdl.handle.net/10097/30629</a> |

## 課題番号 H15/B08

## ヒューマノイドロボットの展開

## 1. 組織

代表者：矢野雅文（東北大学電気通信研究所）

分担者：

青沼 仁志（北海道大学電子科学研究所）  
 浅間 一（東京大学人工物研究センター）  
 安藤 規泰（東京大学情報理工学系研究科）  
 石黒 章夫（名古屋大学工学研究科）  
 伊藤 宏司（東京工業大学総合理工学研究科）  
 太田 順（東京大学 工学系研究科）  
 荻原 直道（京都大学）  
 木村 浩（電気通信大学情報システム学研究科）  
 高草木 薫（旭川医科大学）  
 辻田 勝吉（京都大学工学研究科）  
 鄭心 知（京都高度技術研究所）  
 富田 望（東北大学電気通信研究所）  
 中隋 克己（近畿大学医学部）  
 細田 耕（大阪大学大学院工学研究科）  
 森 大志（山口大学農学部獣医学科）  
 井上 康介（茨城大学工学部）  
 柳原 大（豊橋技術科学大学医学部）

研究費：物件費 50,000 円 旅費 538,910 円

## 2. 研究経過

人を含めた全ての動物は複雑で無限定な環境において適応的に行動できる運動機能を有している。そのためには、「身体」という物理的実体を介して外との多様な動的インタラクションを生み出す「移動」という行為が重要である。「知」の獲得にとって「移動」は本質的であり、移動により生じる動的な相互作用によって創発的に獲得される適応的運動機能を「移動知」と呼ぶことにした。高次脳機能に対して、移動知は「生存脳機能」と位置づける。もちろん高次機能のベースとして生存脳がある。現在のヒューマノイドロボット研究において最も欠如している概念が、この生存脳的な知能である。

通常ロボットに目的を設定した時、ロボットが環境変化に合わせて柔軟にロボット自身を自律的に制御する問題は逆問題となる。この逆問題を解くことが、実環境で機能するロボット実現するためには不可欠となる。逆問題は一般的には不良設定問題となるので、この不良設定問題を良設定問題にするために必要な拘束条件をシステムの外からシステムに課

すことによって解くのが従来の方法である。例えば、評価関数を与えて軌道を事前に計算し、生成された軌道を拘束条件として拘束を満足するように制御をする方法はこれに当たる。このような継時的処理に基づく情報処理のパラダイムでは、環境変化や不測の事態に対してそのつど拘束条件を設定し直して対処しなければならないので、自律性やリアルタイム性が保証されない。本研究では時々刻々変化する環境に応じて拘束条件としての「見なし情報」を生成し、それをリアルタイムで充足する方法を確立する。この方法は行為することで初めて知を獲得するという「移動知」の根幹をなす概念であり、知に対する新しい方法論でもある。

プログラム：

## 第1部 研究発表

7月27日（水）14:00～17:00

1)「小脳：運動制御研究から情動と認知に対する役割を明らかにするために」

柳原 大（東京大学）

2)「フェロモン行動を行う昆虫の社会性発現機構の構成論的理解」

太田 順（東京大学）

3)「適応的な脚式移動生成の統一的理解に向けて」

木村 浩（電気通信大学）

4)「移動知：行動からの知能理解ー生物学・工学融合による知の発現メカニズムの解明ー」

浅間 一（東大）

## 第2部 研究発表

7月28日（木）9:30～12:00

1)「ラットの二足歩行で分かること」

森大志（山口大学）

2)「バランスの力学という観点からの共通原理の抽出」

石黒 章夫（名古屋大学）

鄭 心知（京都高度技術研究所）

3)「脚式ロボットの歩行制御に関する研究」

辻田勝吉（大阪工業大学）

## 4) 総合討論

本プロジェクトでは、生物学と工学の研究者が一体となり、神経生理学モデル化技術と動的モデリング技術を統合した生体システムモデルを構成する。このような構成論的・システム論的アプローチによって移動知発現のメカニズムを明らかにしていく方

法論が重要であることが再確認された。具体的には、生理学的解明（生物学）、モデル生成と人工システムによる実験（工学）、モデルの検証（生物学）、原理の解明・応用（工学）という、生物学と工学の融合プロセスによって研究を進める。特に適応的行動能力の中でも（A）環境の変化に適応させ認知するメカニズム、（B）環境に対して身体を適応させるメカニズム、（C）他者並びにその集合体としての社会に適応させるメカニズム、という三つの適応機能に着目し、それぞれ三つのグループを組織して研究を行うとともに、（D）移動知生成の普遍的な共通原理の解明を目指すことが重要であるとの認識を得た。

#### （A）環境の変化に適応させ認知するメカニズム

ある環境における運動目的は、生命システムが仮設する「見なし情報」によって具体的に設定される。環境に応じて目的を達成する行為は随意運動であり、この制御は一般的に不良設定問題となるが、「見なし情報」は随意運動に必要な最上位の拘束条件といえることができる。また、運動遂行に必要な様々なレベルでの拘束条件は、仮設された「見なし情報」に依存して設定されるべきものとなる。さらに、環境及びシステムの状態の予測不可能な変化に対応するためには、「見なし情報」を環境との相互作用から時々刻々生成し、それをリアルタイムで充足する必要がある。これらの過程こそが、随意運動を実行するために運動制御系すなわち大脳皮質運動関連領域に求められる計算論的課題となる。このスキームを実現するために、生理学的知見を基に構成論的に随意運動モデルを構成しその環境適応能力を評価する必要がある。

#### （B）環境に対して身体を適応させるメカニズム

動物はその冗長で複雑な筋骨格構造を巧みに協調させ、多様な環境に適応的な歩行運動を形成することができる。こうした動物の優れた歩行生成能力は、生体の神経回路網による制御機構に帰着されてきた。しかし、近年の研究により動物は身体筋骨格構造の自然な振る舞いを合目的的に利用することにより環境に適応的な運動を実現していることが明らかになってきた。したがって「移動知」の理解には神経制御系のみならず、動物の筋骨格系を構成する各要素に内在する力学的特性、およびそれら要素間の相互作用による自律分散的な情報処理のメカニズムを明らかにすることが重要である。動物の適応的歩行生成原理を構成論的に解明するために、四足・二足歩行が可能なニホンザルをモデル動物としたシミュレーションモデルを構築することを提案した。

（C）他者並びにその集合体としての社会に適応させるメカニズム

自然界における生物は程度の差こそあれ、他個体との相互作用により社会を形成し、協調・競合しながら生存している。これを個体の視点から眺めた場合、複雑かつ多様な環境において適応的に振る舞える機能を有しているといえる。このような社会性や適応性を生み出しているメカニズムを解明することは非常に重要である。本研究では、生物の社会性を3つのレベルから捉える。(a)他者との相互作用による経験に基づき自身の振る舞いを変える機能、(b)複数の個体が共通の場に存在することで相互作用が生じて振る舞いに変化、(c) a, b の結果として個体群としての大域的秩序の形成。上記問題は振る舞いを介した移動知的社会性として理解することができる。この問題の解明のためには、個体自身の構造並びに振る舞いができるだけ単純であることが望ましい。そのために本研究では昆虫に注目する。フェロモン行動、回避・喧嘩行動という特徴ある社会を構成するコオロギに注目し、それら社会性の構築メカニズムのシステム工学的解明を試みた。

#### （D）共通原理：バランスの力学

行動主体が発現する振る舞いは、制御系と機構系、およびこれらを取り巻く環境との間の相互作用の力学によって規定される。直接的な設計対象である制御系と機構系がこの力学の中心に位置している事実に変更して着目すると、これらは設計過程で同等の重みを持って扱われるのが妥当である。このような背景から、与えられた機構系のダイナミクスを積極的に活用するダイナミクスベース制御に基づいた研究が活発に行われている。一方で「機構系から制御系へ歩み寄る」思想に基づく設計方策を明示的に扱った研究は依然として乏しい。本研究では行動主体の振る舞い形成において、その機構系にどの程度寄与させるべきかというバランスの力学ともいえるべき観点から研究を進め、移動知の共通原理の抽出を行うことを提案した。

最終的に本プロジェクトを中心として得られた研究パラダイム・研究成果を元にして、文部科学省科学研究費補助金特定領域研究「身体・脳・環境の相互作用による適応的運動機能の発現—移動知の構成論的理解—」（領域番号 454）が採択された。